

# Enterprise Architektur-Muster

JULIAN BRUDER\*, ABDELLAH FILALI\*, and LUCA FRANKE\*, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (HTWK Leipzig), Deutschland

Blah abstrakt...

## 1 EINLEITUNG

Mit E-Commerce-Beispiel motivieren

## 2 GRUNDLAGEN VON ENTERPRISE-ARCHITEKTUREN

Verteilte Systeme ...

Architekturen ...

Komponenten ...

...

## 3 KLASSISCHE ENTERPRISE-ARCHITEKTUREN

Blah ...

## 4 MODERNE ENTERPRISE-ARCHITEKTUREN

### 4.1 Microservice-Architecture

### 4.2 Event-Driven Architecture

Die Event-Driven Architecture wählt als Basis einen anderen Ausgangspunkt als die bisherigen Architekturmuster. Während bei letzteren Komponenten Dienste bereitstellen, welche von anderen Komponenten explizit genutzt werden, verhalten sich Dienstbereitstellende Komponenten in der Event-Driven Architecture reaktiv, werden also implizit von Dienst-konsumierenden Komponenten genutzt [Garlan and Shaw 1994]. Ein System reagiert somit asynchron auf Zustandsänderungen, also Ereignisse in diesem System [Manchana 2021]. Die in dieser Architektur minimalen Einheiten, welche Informationen einer Zustandsänderung kapseln, werden *Events* genannt. Die Idee der impliziten Behandlung von Ereignissen ist nicht neu und taucht erstmals 1994 im von Garlan und Shaw publizierten Papier „*An introduction to Software Architecture*“ auf.

Betrachten wir im Folgenden die Basis-Bestandteile der Event-Driven Architecture:

- Ereignis (englisch *Event*): Kapselt Information einer Zustandsänderung eines Systems
- Produzent (englisch *Producer*): Komponente, die Event erzeugt
- Herausgeber (englisch *Publisher*): Komponente, die, von Produzenten erzeugte, Events publiziert
- Konsument (englisch *Consumer*): Komponente, die auf publizierte Events reagiert
- Vermittler (englisch *Mediator*): Komponente zwischen Produzenten und Konsumenten - filtert Events und verteilt diese auf Konsumenten
- Event-Bus: Oft auch *Event-Broker* genannt - bietet die Infrastruktur für die Gesamtheit der Vermittler

\* Alle Studierenden trugen zu gleichen Teilen zu dieser Arbeit bei.

Abstrakt kann ein Event als Vertrag zwischen Produzenten und Konsumenten am Event-Bus betrachtet werden. Der Konsument nutzt die Spezifikation des Events am Bus, der Produzent implementiert jene Spezifikation. Abbildung 1 stellt diesen Vertrag dar.

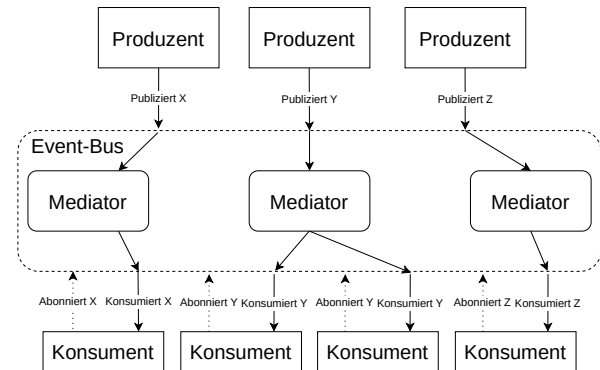


Abb. 1. Vertrag zwischen Produzenten und Konsumenten am Event-Bus

Durch den Vertrag weisen die Events am Event-Bus starke Kohäsion und somit lose Kopplung auf. Diese lose Kopplung minimiert nicht nur kaskadierende Fehler, sondern ermöglicht agilen Entwickler-Teams durch klar abgegrenzte Features einfach definierbare Iterationen - eine Menge von Events, deren Erzeugung und Konsumierung.

Weiter sind Events oft nah an dem, was Ereignisse in realen Prozessen sind, also domain-driven. Gebündelt ermöglichen obige Punkte die kontinuierliche Auslieferung von Software in kurzen Intervallen.

Außerdem garantiert die asynchrone Behandlung von Ereignissen zusammen mit der losen Kopplung maximale Skalierung. Daher sind Event-Driven Architekturen besonders für datenintensive Echtzeit-Anwendungen wie IoT (Internet of Things) und Analytics geeignet [Siddiqui et al. 2023].

Betrachten wir erneut das E-Commerce-Beispiel aus der Einleitung. Dafür definieren wir drei Arten von Events:

- *OrderCreated*: Ein Event, das genau dann erzeugt wird, wenn eine neue Bestellung aufgegeben wird
- *PaymentProcessed*: Ein Event, das genau dann erzeugt wird, wenn der Bezahlvorgang abgeschlossen wird
- *ShipmentInitiated*: Ein Event, das genau dann erzeugt wird, wenn die Bestellung versandt wird

Weiter teilen wir die Funktionalität ähnlich wie bei der Microservice-Architektur in die drei verschiedenen Dienste *OrderService*, *PaymentService* und *ShipmentService* auf.

Wie Abbildung 2 zeigt, sind alle drei Dienste Produzenten und Publisher, erzeugen also Events und veröffentlichen diese. Die Dienste

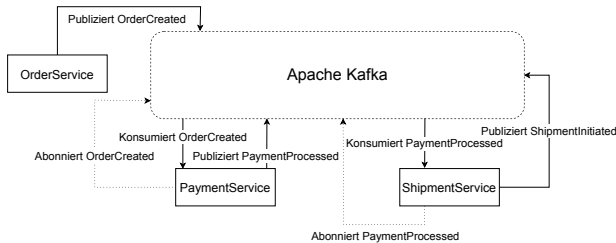


Abb. 2. E-Commerce-Beispiel mit Event-Driven Architecture

PaymentService und ShipmentService sind zudem Konsumenten, sodass ersterer auf Events des Typs OrderCreated und zweiterer auf Events des Typs ShipmentInitiated reagiert. Eine beispielhafte Implementierung des PaymentService mit Apache Kafka als Event-Broker ist im Anhang A.1 zu finden. Die vollständige Implementierung des E-Commerce-Beispiels ist bei GitHub<sup>1</sup> zu finden.

Das Beispiel zeigt, dass die Event-Driven Architektur mit weiteren agilen Strukturen wie Microservices kombiniert werden kann, was die Agilität der Architektur weiter erhöht. Die damit einhergehende Komplexität stellt teilweise hohe Anforderungen an die Entwickler. Aufgrund der Asynchronität der Behandlung von Ereignissen ist die Testung des Systems meist schwer und die Fehlerbehandlung essentiell. Mögliche Problemquellen schließen dabei unter anderem Event-Verlust, erhöhte Latenz und Inkonsistenz ein. Die hohen Anforderungen an die Entwickler verlangen viel Vertrauen in jene, einer der zentralen Punkte des agilen Manifests [Michl 2018]. Insgesamt weist die Event-Driven Architecture also eine sehr hohe Agilität auf und ist damit besonders für moderne Software und ihre stetig wechselnden Anforderungen geeignet.

### 4.3 Cloud-Native Architecture

Die Cloud-Native Architecture beruht auf der Annahme, dass Infrastruktur in ständigem Wandel ist und die Auslagerung jener in die Cloud mehr Agilität schafft [Gannon et al. 2017]. Als Cloud wird in diesem Fall die Infrastruktur eines oder mehrerer Cloud-Vendors bezeichnet. Ein Cloud-Vendor bietet seine Infrastruktur und deren Verwaltung dabei für eine Gebühr an. Unter anderem offeriert er:

- Die globale Nutzung von Ressourcen durch Geo-Redundanz und somit starke Verteilung sowie hohe Verfügbarkeit von Software,
- dynamische Skalierung bereitgestellter Ressourcen basierend auf der Nachfrage von Software (Auto-Scaling),
- nutzungsbedingte Gebühren, sodass nur tatsächlich verwendete Ressourcen bezahlt werden (Pay-as-you-go),
- unterbrechungsfreie Updates von Software (Zero Downtime).

Als cloud-nativ wird hierbei all jene Software bezeichnet, welche explizit für die Cloud entwickelt wurde. Grundsätzlich baut die cloud-native Architektur auf die in diesem Artikel bereits in Abschnitt 4.1 erklärte Microservice-Architektur und die in Abschnitt 4.2 erklärte Event-Driven Architecture auf. Zusätzlich kommen sogenannte *Fully Managed Cloud-Services* hinzu, was cloud-spezifische und vom Cloud-Vendor vollständig verwaltete Dienste sind. Jene

<sup>1</sup><https://github.com/Beleg-6-EAP/demo-eda-ecommerce>

umfassen alles von Datenbanken über Message-Queues bis hin zu Serverless-Functions und viele mehr. Charakterisiert werden diese durch die Eigenschaft, dass sich der Entwickler gänzlich auf die Business-Logik fokussieren kann, da der Cloud-Provider die vollständige Verwaltung der Infrastruktur übernimmt. Zentral dabei ist der Aspekt der Containerisierung, bei welchem jede Komponente eines Systems in einen Container gepackt wird. Der Cloud-Vendor kann die Gesamtheit der Container dann dynamisch orchestrieren und somit gezielt den Ressourcenverbrauch optimieren.

Im Folgenden greifen wir erneut das Beispiel E-Commerce aus der Einleitung auf und betrachten die Anpassung der in Abschnitt 4.2 angewendeten Event-Driven-Architecture auf die Cloud-Native Architecture mit Cloud-Vendor AWS. Dabei ersetzen wir den dort verwendeten Broker durch eine *Event-Bridge*<sup>2</sup> - ein serverless Cloud-Service von AWS zum Routen von Ereignissen. Weiter werden die drei Services für Bestellung, Bezahlung und Versand als *Lambda*<sup>3</sup>, also Serverless-Function implementiert. Abbildung 3 stellt diese cloud-native Architektur dar.

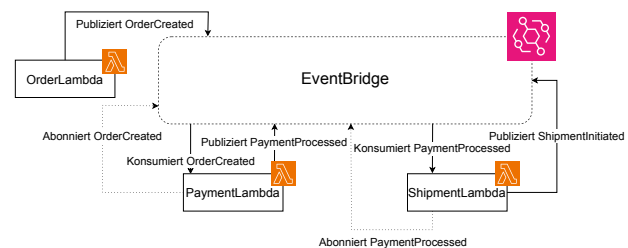


Abb. 3. E-Commerce-Beispiel mit Cloud-Native Architecture

Damit kombiniert die Cloud-Native Architecture die agilen Vorteile der Microservice- und Event-Driven Architecture. Weiter ermöglichen die Cloud-Vendors nahtlose und einfache Möglichkeiten zur Auslieferung der Software, wie beispielsweise Code-Deploy<sup>4</sup> von AWS. Die Option, allen Fokus von der Infrastruktur auf die Entwicklung zu legen, ermöglicht gemeinsam mit der einfachen Auslieferung kurze Iterationen in agilen Teams und somit noch kürzere Zyklen in der Bereitstellung von Software. Dabei ist besonders die Time-to-Market sehr gering, sodass Tech-Start-Ups häufig cloud-native Architekturen für ihre Software wählen.

Nicht zu vergessen ist zudem die extrem hohe Flexibilität der eingesetzten Ressourcen durch das Auto-Scaling. Das damit verbundene Modell Pay-as-you-go ermöglicht weiter auch finanzielle Agilität, wodurch zum Beispiel keine Vorab-Investitionen für Infrastruktur notwendig sind.

- Sehr hohe Agilität
- Aber Kostenrisiken: Pay-as-you-go + Auto-Scaling sind Kostenfalle, Vendor-Lock-In - teure Migration

## 5 FALLSTUDIEN UND PRAXISBEISPIELE

Blah ...

<sup>2</sup><https://aws.amazon.com/de/eventbridge/>, abgerufen am 06.01.2025

<sup>3</sup><https://aws.amazon.com/de/lambda/>, abgerufen am 06.01.2025

<sup>4</sup><https://aws.amazon.com/de/codedeploy/>, abgerufen am 06.01.2024

## 6 DISKUSSION

## 7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

### LITERATUR

- Dennis Gannon, Roger Barga, and Neel Sundaresan. 2017. Cloud-Native Applications. *IEEE Cloud Computing* 4, 5 (2017), 16–21. <https://doi.org/10.1109/MCC.2017.4250939>
- David Garlan and Mary Shaw. 1994. *An Introduction to Software Architecture*. Technical Report CMU/SEI-94-TR-021. <https://insights.sei.cmu.edu/library/an-introduction-to-software-architecture/> Accessed: 2025-Jan-2.
- Ramakrishna Manchana. 2021. Event-Driven Architecture: Building Responsive and Scalable Systems for Modern Industries. *International Journal of Science and Research (IJSR)* 10 (01 2021), 1706–1716. <https://doi.org/10.21275/SR24820051042>
- Thomas Michl. 2018. *Das agile Manifest – eine Einführung*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 3–13. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-57699-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-57699-1_1)
- Hassaan Siddiqui, Ferhat Khendek, and Maria Toeroe. 2023. Microservices based architectures for IoT systems - State-of-the-art review. *Internet of Things* 23 (2023), 100854. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100854>

## A CODE-BEISPIELE

### A.1 Event-Driven-Architecture

```

1 package demo.eda.service;
2
3 import demo.eda.event.OrderCreatedEvent;
4 import demo.eda.event.PaymentProcessedEvent;
5 import demo.eda.model.Payment;
6 import demo.eda.repository.PaymentRepository;
7 import lombok.RequiredArgsConstructor;
8 import org.springframework.kafka.annotation.KafkaListener;
9 import org.springframework.kafka.core.reactive.ReactiveKafkaProducerTemplate;
10 import org.springframework.stereotype.Service;
11 import reactor.core.publisher.Flux;
12 import reactor.kafka.receiver.KafkaReceiver;
13 import reactor.kafka.receiver.ReceiverOptions;
14
15 import java.util.UUID;
16
17 @Service
18 @RequiredArgsConstructor
19 public class PaymentService {
20
21     private final PaymentRepository paymentRepository;
22     private final ReactiveKafkaProducerTemplate<String, PaymentProcessedEvent> producer;
23
24     @KafkaListener(topics = OrderCreatedEvent.TOPIC, groupId = "payment-service")
25     public Flux<Void> processPayment(ReceiverOptions<String, OrderCreatedEvent> receiverOptions) {
26         return KafkaReceiver.create(receiverOptions)
27             .receive()
28             .flatMap(record -> {
29                 final OrderCreatedEvent event = record.value();
30                 final Payment payment = new Payment(UUID.randomUUID().toString(), event.getOrderId(), true);
31                 return paymentRepository.save(payment).flatMap(savedPayment -> {
32                     final PaymentProcessedEvent paymentEvent =
33                         new PaymentProcessedEvent(
34                             savedPayment.getOrderId(),
35                             savedPayment.getId(),
36                             savedPayment.isSuccess());
37                     return producer.send(PaymentProcessedEvent.TOPIC, paymentEvent).then();
38                 });
39             });
40     }
41 }

```

Listing 1. Service-Implementierung des PaymentService in Java Spring Boot 3.4.1 mit Apache Kafka als Event-Broker

## B ÜBUNGSAUFGABEN

### B.1 Übungsaufgabe 1

Blah ...